

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Kristijan Šugić**

**INFRASTRUKTURNE ZNAČAJKE MREŽE PRUGA VELIKIH  
BRZINA U JAPANU**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2019.**

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet prometnih znanosti**

## **ZAVRŠNI RAD**

**INFRASTRUKTURNE ZNAČAJKE MREŽE PRUGA VELIKIH BRZINA  
U JAPANU**

**INFRASTRUCTURE CHARACTERISTICS OF THE HIGH-SPEED  
RAIL NETWORK IN JAPAN**

Mentor: doc. dr. sc. Martin Starčević

Student: Kristijan Šugić  
JMBAG: 0135248318

**Zagreb, rujan 2019.**

## **Sažetak**

### **Infrastrukturne značajke mreže pruga velikih brzina u Japanu**

U radu je ukratko opisan povijesni razvoj željeznica velikih brzina u svijetu, a opširnije u Japanu. Navedene su i objašnjene općenite infrastrukturne značajke željeznica velikih brzina, a posebno su objašnjeni kolosijeci te kolosiječni pričvrсни pribor koji se koristi u Japanu. Opisan je kolodvor u Tokyu i podvodni tunel Seikan koji povezuje otoke Honshu i Hokkaido. Opisani su vlakovi koji prometuju Shinkansen linijama i čine vozni park željeznica velikih brzina u Japanu.

**Ključne riječi:** željeznice velikih brzina, Shinkansen vlakovi, željeznička infrastruktura

## **Summary**

### **Infrastructure characteristics of the high speed rail network in Japan**

The paper briefly describes the historical development of high speed railways in the world, more specifically in Japan. The general infrastructure features of high-speed rail are mentioned and explained, particularly the track and rail fastening accessories used in Japan. It describes the railway station in Tokyo and the Seikan underwater tunnel connecting the islands of Honshu and Hokkaido. The trains that run Shinkansen lines and make the high-speed railway fleet in Japan are also mentioned and explained.

**Keywords:** high-speed railway, Shinkansen trains, railway infrastructure

## SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Povijesni razvoj brzih željeznica.....	2
2.1. Razvoj brzih željeznica u Francuskoj .....	3
2.2. Razvoj brzih željeznica u Njemačkoj .....	4
2.3. Razvoj brzih željeznica u Kini.....	6
2.4. Razvoj brzih željeznica u Tajvanu.....	7
3. Razvoj mreže brzih željeznica u Japanu do danas .....	10
4. Infrastrukturne značajke mreže brzih željeznica u Japanu.....	14
4.1. Općenito o kolosijecima za velike brzine .....	14
4.2. Kolosijeci za velike brzine s kolosiječnim zastorom.....	15
4.3. Kolosijeci za velike brzine bez kolosiječnog zastora .....	16
4.4. Japanski kolosijek na čvrstoj podlozi .....	16
4.5. Kolosiječni pričvrсни pribor .....	20
4.6. Tunel Seikan .....	22
4.7. Kolodvor Tokio .....	23
5. Vozni park brzih željeznica u Japanu .....	26
6. Zaključak.....	32
7. Popis literature .....	33
Popis slika .....	34

# 1. Uvod

Razvoj željeznica velikih brzina bio je potaknut gospodarskim razvojem pojedinih država. Osim gospodarskog razvoja same države, cilj je bio povezati manje razvijene dijelove države s onim dijelovima koji su dobro razvijeni i tako pokušati poboljšati njihovo gospodarstvo.

Neke države su gradile željeznicu velikih brzina zbog opterećenja cestovnih prometnica dok su se neke potaknute drugim državama odlučile za isti korak. Japan je bio prva država koja je izgradila mrežu pruga za velike brzine i po uzoru na Japan su izgrađene ili će biti izgrađene pruge velikih brzina u određenim državama.

Stoga, cilj ovog rada je opisati povijesni razvoj brzih željeznica u svijetu i razvoj mreže brzih željeznica u Japanu, utvrditi određene infrastrukturne značajke i značajke brzih željeznica u Japanu te prikazati vozni park.

Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Povijesni razvoj brzih željeznica
3. Razvoj mreže brzih željeznica u Japanu do danas
4. Infrastrukturne značajke brzih željeznica u Japanu
5. Vozni park brzih željeznica u Japanu
6. Zaključak

## Literatura

U drugom poglavlju opisan je sami početak razvoja željeznica, a zatim se opisuju željeznice velikih brzina u Francuskoj, Njemačkoj, Kini i Tajvanu. Navedeni su prvi vlakovi koji su opsluživali mrežu i prve linije velikih brzina.

U trećem poglavlju opisan je razvoj mreže brzih željeznica u Japanu. Opisana je svaka linija zasebno te su navedeni prvi vlakovi.

U četvrtom poglavlju opisane su infrastrukturne značajke u Japanu kao što su kolosijek na čvrstoj podlozi, pričvrtni pribor, podmorski tunel i kolodvor u Tokiju. Također su navedene temeljne značajke željeznica velikih brzina.

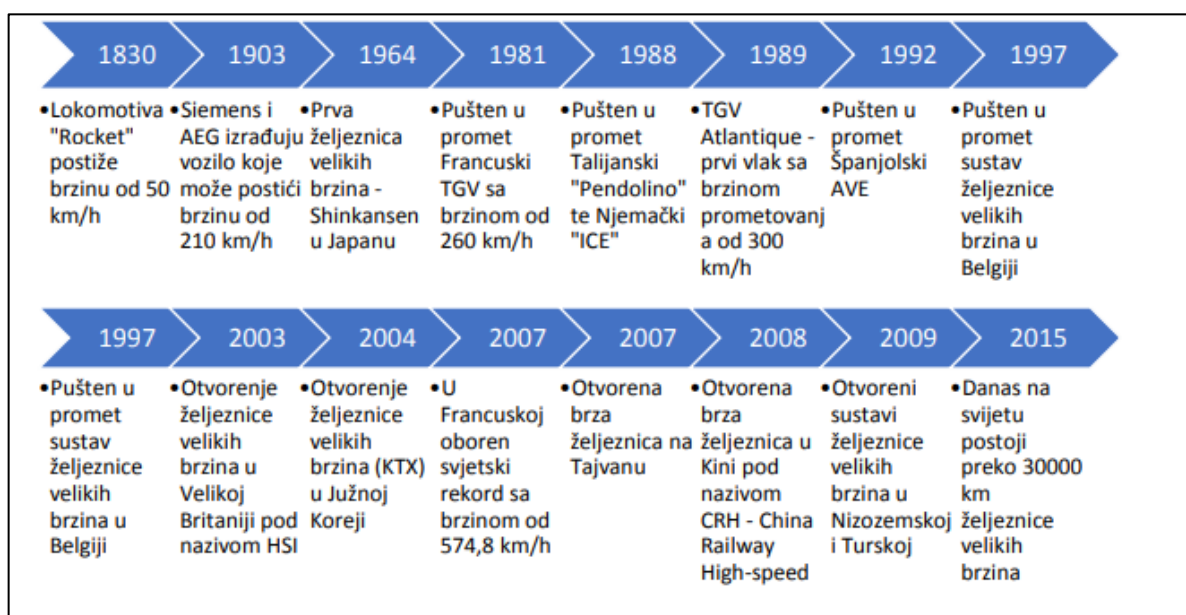
U petom poglavlju navedeni su vlakovi koji prometuju Shinkansen linijama te su opisane njihove karakteristike.

## 2. Povijesni razvoj brzih željeznica

Povijesni razvoj željeznica velikih brzina počeo je još u 19. stoljeću. George Stephenson je kao izumitelj lokomotive 'Rocket' 1829. godine, njezinim puštanjem u promet i dostizanjem brzine od 50 km/h, započeo eru željeznice velikih brzina tadašnjeg vremena. Iako je lako zamisliti kako je impresivna lokomotiva Rocket postignula spomenutu brzinu, no za 19. stoljeće i sami početak razvoja željeznice to je bilo zadivljujuće.

Vrlo brzo željeznice su dosegnule puno impresivnije brzine. Prije 1850. godine postignuta je brzina od 100 km/h, zatim 1854. brzina od 130 km/h i početkom 20. stoljeća postignuta je brzina od čak 200 km/h. To su bile samo rekordne brzine. Maksimalna brzina u prometu bila je puno skromnija, ali ipak važna, dostižući 180 km/h kao najveću brzinu i 135 km/h kao prosječnu brzinu.

Nakon velikog uspjeha 'operacije' Shinkansen, tehnički napredak u nekoliko europskih zemalja, osobito u Francuskoj, Njemačkoj, Italiji i Velikoj Britaniji, razvio je nove tehnologije i inovacije s ciljem uspostavljanja osnove za 'putničku željeznicu budućnosti'. U međuvremenu se željeznica velikih brzina počela razvijati i u nekim drugim državama i regijama kao što su na primjer Kina, Južna Koreja, Tajvan i Turska. Povijest razvoja željeznica velikih brzina prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Povijesni razvoj željeznica [1]

Izvor: <https://uic.org/>

## **2.1. Razvoj brzih željeznica u Francuskoj**

TGV je francuska željeznica velikih brzina, kojom trenutno upravlja SNCF, francuski nacionalni željeznički operater. Tijekom 1970-ih razvili su ga GEC-Alsthom (sada Alstom) i SNCF. Ideja TGV-a je prvi put predložena 60-ih godina, nakon što je Japan 1969. godine počeo graditi Shinkansen. U to je vrijeme francuska vlada preferirala nove tehnologije, istražujući proizvodnju lebdjelica i Magleva kao što je Aerotrain. Istovremeno, SNCF je počeo istraživati vlakove velikih brzina koji će raditi na konvencionalnim željeznicama.

Nakon uvodne usluge TGV-a između Pariza i Lyona 1981., TGV mreža (slika 2), usmjerena na Pariz, proširila se na povezivanje gradova diljem Francuske i susjednih zemalja kao što su Belgija, Njemačka i Nizozemska (mreža Thalys), Švicarska (mreža Lyria) i Velika Britanija (mreža Eurostar).

Prvobitno je bilo planirano da se TGV pokreće plinskim turbinama, odabranim zbog njihove male veličine, dobrog omjera snage i težine i dobre sposobnosti za isporuku velike snage tokom duljeg razdoblja. Prvi prototip TGV 001 bio je jedini TGV za plinsku turbinu, ali nakon povećanja cijene nafte tijekom energetske krize 1973. godine, plinske turbine su se smatrale neekonomičnima i projekt se pretvorio u električnu energiju iz nadzemnih vodova generiranih iz novih nuklearnih elektrana.

Modificirani TGV ispitni vlak drži svjetski rekord brzine za konvencionalne vlakove. Dana 3. travnja 2007. godine između Pariza i Strassbourga, izmijenjeni TGV vlak, dosegao je brzinu od 574,8 km/h pod uvjetima testiranja [2].



Slika 2. Mreža pruga velikih brzina u Francuskoj

Izvor: <http://diamant-ltd.com/map-of-tgv-routes-in-france/tgv-routes-map-lovely-map-of-tgv-routes-in-france/>

## 2.2. Razvoj brzih željeznica u Njemačkoj

Projekt brze željeznice je zamišljen od strane DB-a (Deutsche Bahn) krajem 1960., a iznesen 28. kolovoza 1970. godine kada je podnesen željezničkom nacionalnom planu prometne infrastrukture u tadašnjoj Zapadnoj Njemačkoj. Usvojen od strane vlade 1971. godine, planom je utvrđeno da će 3 250 km novih ili poboljšanih pruga povećati nacionalnu mrežu. Plan je započeo u kolovozu 1973. godine svečanim obilježavanjem izgradnje prve dionice duge 12,8 km od ukupno 327 km nove linije između Hannovera i Wurzburga koja se dijelom spuštala niz istočni dio zemlje. Ministar prometa Kurt Gscheidle odobravao je izgradnju rute od 99 km na relaciji Mannheim-Stuttgart, a vlada je 1977. godine potvrdila da će ostatak izgradnje rute Hannover-Wurzburg slijediti u fazama te je odluka o ruti Koln-Frankfurt bila odgođena. Ruta Koln-Frankfurt je tek 1985. godine uključena u nacionalni plan prometne infrastrukture. Vlada je 19. srpnja 1989. godine dogovorila željenu rutu DB-a, iako je ostala neizvjesnost o tome kako će biti grad Koblenz poslužen. Dogovor s DB-om je konačno postignut 1991. godine da će se u cijelosti odvijati istočno od Rhine, iako je Koblenz izdao obećanje da će ga i dalje služiti InterCity vlakovima. Projekt je objavljen na natječaju 1995. godine.

Duga kašnjenja u prelasku s linija na karti do izgradnje djelomično su se odražavala na parametre za nove rute. DB je htio voziti na istoj pruzi teretne i brze putničke vlakove no



prisutnost teretnih vlakova je isključivala strme nagibe što znači da su kroz brdovite krajolike bili potrebni brojni tuneli i vijadukti.

Deutsche Bahn 2. lipnja 1991. godine pokreće ICE 91, opsežnom preinakom voznog reda ICE usluga vozeći 250 km/h na dvije nove linije; postojao je dogovor da mogu ubrzavati do 280 km/h kako bi mogli nadoknaditi vrijeme. Putovanje na relaciji Hannover-Frankfurt je smanjeno za jedan sat i trajalo je svega 2 sata i 22 minute, a putovanje na relaciji Hannover-Stuttgart je smanjeno s 5 sati i 37 minuta na 3 sata i 45 minuta. Najbrže putovanje od točke do točke je bilo na relaciji Hannover-Göttingen sa 16 ICE vlakova dnevno pokrivajući 99,4 km u 32 minute pri prosječnoj brzini od 186,6 km/h. To je stavilo Njemačku na treće mjesto u svjetskom poretku najbržih komercijalnih usluga iza Francuske i Japana. Željezničke linije velikih brzina u Njemačkoj prikazane su na Slici 3.



Slika 3. Mreža pruga velikih brzina u Njemačkoj  
Izvor: <https://www.pinterest.com/pin/382102349617458456/>

Vozni red DB-a srušen je ujedinjenjem Njemačke 1990. godine, zbog zahtjeva da se razni gradovi u bivšoj Istočnoj Njemačkoj priključe IC mreži. Pokretanje voznog reda je bilo ugroženo jer je DB imao samo 25 od 60 ICE vlakova na raspolaganju.

Pokusni vlak je dovršen 1985. godine i trebao je pomoći nadoknaditi izgubljeno vrijeme u razvoju tehnologije velike brzine. Kada je se prva generacija InterCity Expressa pojavila u javnosti 28. veljače 1991. godine odmah je privukla veliku pozornost [4].

ICE 1 flota je bila izgrađena od strane Siemens koja je obuhvaćala veći dio nacionalne industrije željezničkih vozila. Čak i u ovoj fazi izgledalo je da postoji dobra perspektiva za daljnje narudžbe jer su inženjeri DB-a planirali verzije druge generacije za različita tržišta, uključujući prekogranične usluge u Francuskoj, Austriji i Švicarskoj. Osim ICE 1 flote u službi su ICE 2, ICE 3 te ICE 4 flota kao posljednja [3].

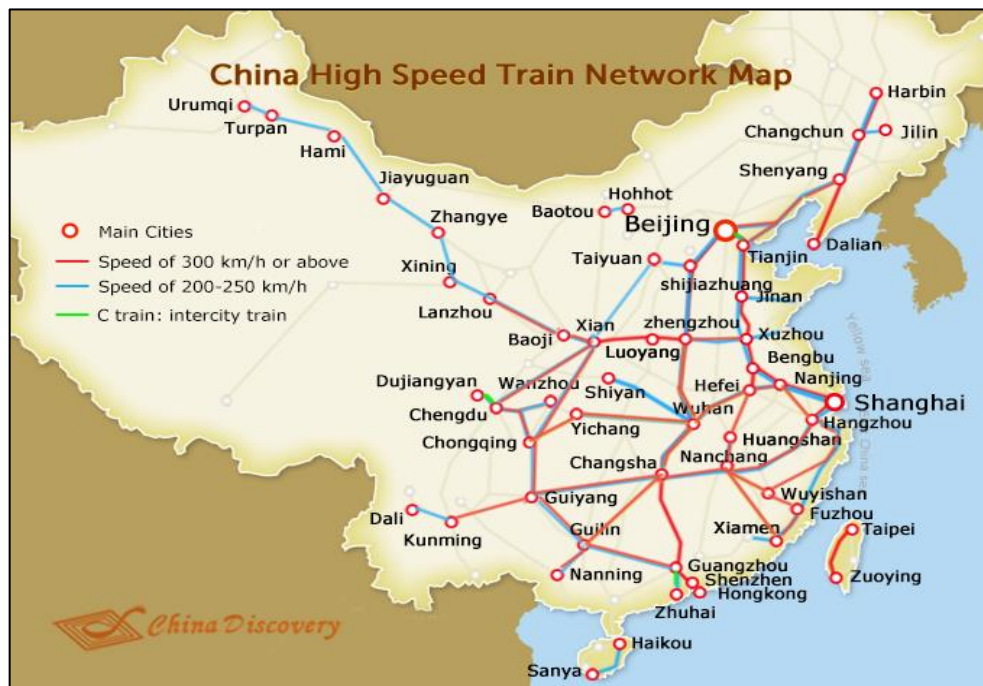
### **2.3. Razvoj brzih željeznica u Kini**

Kina je počela graditi željeznicu velikih brzina početkom 21. stoljeća, otprilike 20 do 30 godina kasnije od dijela razvijenih zemalja svijeta, ali zahvaljujući kineskim inovacijama. Iako Kina nije ispratila ostale razvijene zemlje s početkom gradnje željeznica velikih brzina, uspjela je postići brz i velik razvoj u relativno kratkom vremenskom razdoblju. Nakon otvaranja japanskog Shinkansena 1964. godine, Kina je se usredotočila na razvoj brze željeznice u inozemstvu. U to vrijeme kilometraža kinskih željeznica je iznosila 52 000 km bez brzih linija, a prosječna brzina je bila samo 43 km/h. Početkom 1980-ih Kina je počela planirati izgradnju željeznica velikih brzina. U travnju 1997. godine Kina je uvela prvo povećanje brzine i tako povećala maksimalnu brzinu na 140 km/h.

U travnju 2007. godine u Kini je lansiran prvi CRH vlak što je obilježilo napredak kineske željezničke tehnologije. Kineska vlada je počela 2007. godine proučavati program prilagodbe "srednjoročnog i dugoročnog planiranja željezničke mreže". Država je nakon prilagodbe odobrila plan u listopadu 2008. godine te je nakon njegovog uvođenja velik broj željeznica izgrađen uzastopno.

Prva međugradska pruga velikih brzina bila je otvorena u kolovozu 2008. godine između Pekinga i Tianjina. Nakon toga otvorena je i puštena u rad pruga Wuhan – Guangzhou kao prva kineska željeznička pruga s vrhunskom izvedbom. Kina nastavlja s prugama velikih brzina i tako u veljači 2010. godini otvara prugu Zhenzhou – Xi'an kojom se prometovalo brzinom od 350 km/h. Iste godine u listopadu otvorena je specijalna linija za putnike na relaciji Šangaj – Hangzhou na kojoj je prometovao vlak serije CRH380A. Kina u 2011. godini povezuje kinesku prijestolnicu Peking i međunarodnu metropolu Šangaj s prugom velikih brzina ukupne duljine 1318 km. Kina nastavlja iz godine u godinu s izgradnjom pruga za velike brzine i tako u 2017.

godini kineska nacionalna mreža broji 127 000 km pruga od čega je 25 000 km pruga za velike brzine (Slika 4) [3].



Slika 4. Mreža pruga velikih brzina u Kini

Izvor: <https://www.chinadiscovery.com/assets/images/china-train-tour/china-high-speed-railway-map.jpg>

## 2.4. Razvoj brzih željeznica u Tajvanu

Porastom prometa između velikih gradova Tajvana pojavili su se i prvi planovi za željeznicu velikih brzina. Početkom devedesetih godina prošlog stoljeća izrađeni su prvi planovi za željezničku prugu velikih brzina između Taipeia i Kaohsiunga (Slika 5).



Slika 5. Razvoj brzih željeznica u Tajvanu

Izvor: <https://www.wanderlust.co.uk/discover/discover-taiwan/content/taiwan-reasons-to-explore-by-train/>

Izgradnja potpuno nove pruge velikih brzina započela je 2000. godine. Ruta je dugačka 345 km i omogućava prometovanje vlakova brzinom od 345 km/h što je dovelo do masovnog smanjenja vremena putovanja. Otvaranje linije za velike brzine smanjilo je vrijeme putovanja od 4 sata na samo 90 minuta. Projekt važi kao jedan od najvećih privatnih željezničkih projekata u svijetu. Ukupni projekt je vrijedan 13 milijardi dolara, a financirala ga je Tajvanska korporacija za željeznice velikih brzina na temelju ugovora o koncesiji u trajanju od 35 godina, potpisanog 1998. godine. Pruga velikih brzina povezuje samo veće gradove dok su manji gradovi povezani starom mrežom.

Nova linija velikih brzina bila je jedan od najvećih projekata te vrste. Izgrađeno je deset novih postaja, zajedno s velikim brojem novih mostova, tunela i vijadukata, kako bi se izbjegli sukobi s drugim oblicima prometa gdje god je to moguće.

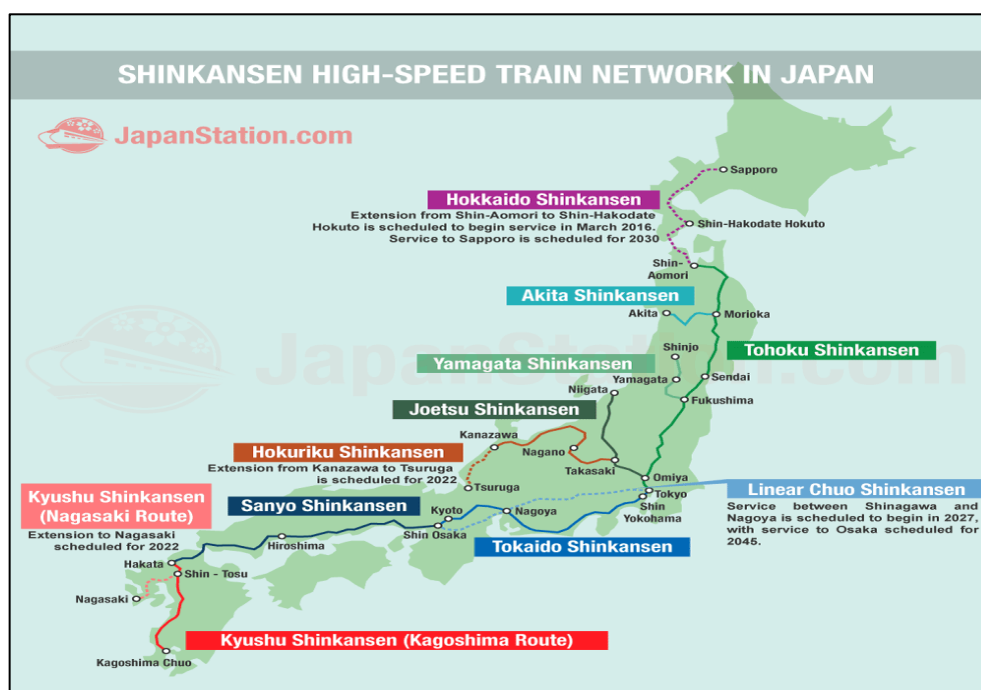
Tajvanska korporacija za željeznicu velikih brzina je izabrala japansku tehnologiju za vlakove tako što su koristili model Shinkansen vlaka serije 700, gotov proizvod je klasificiran kao 700T,

a prvi vlak je dovršen 2004. godine. Vlak su zajedno razvili JR Central i JR West. U usporedbi s japanskim vlakovima serije 700, tajvanski vlak serije 700T je mogao postići veću maksimalnu brzinu. Najveća brzina koju je vlak serije 700T postigao je bila 315 km/h. Ukupno je izgrađeno 30 novih vlakova za liniju od Taipeija do Kaohsiunga [4].

### 3. Razvoj mreže brzih željeznica u Japanu do danas

Povijesni razvoj željeznica velikih brzina u Japanu započeo je još davne 1930. godine kada su se javile prve ideje o brzom željeznici. U početku je ideja bila povezati Tokyo i Osaku, a u međuvremenu jedan od prijedloga je bio povezivanje Tokya i Shimonosekia na zapadnoj obali linijom dugačkom 1200 km. Sve je započelo kopanjem tunela, ali Drugi svjetski rat je prekinuo radove.

Početkom 1950-ih japanska ekonomija se oporavila i Japanska nacionalna željeznica odlučuje se na elektrifikaciju glavnih pruga. Naglo rastuće gospodarstvo povećalo je potražnju za putovanjima, a sljedeći korak je bio oživljavanje planova za novu željeznicu. Oživljavanjem planova inženjeri su zaključili kako bi za brže i teže vlakove bilo bolje da koriste širinu kolosijeka od 1435 mm, unatoč tome što je u Japanu širina kolosijeka bila 1067 mm. Osim promjene širine kolosijeka, osobito je značajna bila odluka o usvajanju automatske zaštite vlaka i automatske kontrole vožnje pomoću kodiranih strujnih krugova kolosijeka. Mreža pruga velikih brzina u Japanu prikazana je na Slici 6.



Slika 6. Mreža pruga velikih brzina u Japanu

Izvor: <https://www.japanstation.com/map-of-shinkansen-high-speed-train-network-in-japan/>

Tokaido Shinkansen bila je prva željeznička linija velikih brzina izgrađena 1964., a izgradnja je bila započeta u travnju 1959. godine. Linija je dobila ime po gusto naseljenoj ravnici između

Pacifičkog oceana i središnjih japanskih planina, a povezuje Tokyo i Osaku. Otvaranje linije bilo je u skladu s početkom Olimpijskih igara u Tokyu što je izazvalo međunarodnu pažnju. Brzina od 250 km/h nije se ostvarila već je morala biti niža odnosno 200 km/h. To je bilo veliko razočarenje za neke inženjere, ali projekt je išao dalje. Test s dva prototipa počeo je 1962., a brzina je postepeno rasla sve dok testna posada nije postigla brzinu od 256 km/h u ožujku 1963. godine.

Prvi vlak koji je prometovao na liniji bio je Shinkansen serije 0. Vlak je bio napajan izmjeničnom strujom od 25 kV, 60 Hz, a imao je snagu od 11 840 kW s kojom je razvijao najveću brzinu od 220 km/h. Posljednji Shinkansen serije 0 vozio je na ruti Sanyo Shinkansen do studenog 2008. godine. Vlada je toliko bila oduševljena s Tokaido Shinkansenom da je 1970. donijela zakon kojim se nalaže izgradnja nacionalne mreže. Zakonom o izgradnji i poboljšanju željezničkih pruga u cijeloj zemlji predviđeno je dovršenje 7 200 km nove željeznice do 1985. godine, a 1971. godine potpisani su detaljni planovi za još tri rute shinkansena: Tohoku Shinkansen od Tokya do Morioke u sjevernom Honshuu, Joetsu Shinkansen od Tokya kroz središnje planine do centra za uzgoj riže i Nigate na obali Japanskog mora.

Sanyo Shinkansen bila je sljedeća izgrađena linija poslije Tokaido Shinkansena. Linija je bila podijeljena na dva dijela, a za izgradnju su se rabili bolji standardi kako bi se povećala brzina. Prvi dio linije povezivao je Osaku i Okoyamu, a izgradnja je počela u ožujku 1967. a dovršena je u ožujku 1972. godine. Drugi dio se odnosio na relaciju Okoyama – Hakata gdje su radovi počeli u veljači 1970. a završili u ožujku 1975. godine. Tako su se Tokyo i Hakata povezali željeznicom velikih brzina koja se proteže na 1 069 km. Sanyo Shinkansen su također opsluživali Shinkansen vlakovi serije 0, a od 1989. su uvedeni vlakovi serije 100, nakon kojih su još uvedeni vlakovi serije 700 i N700.

Joetsu Shinkansen je linija koja je nastala zbog uspostavljanja čvrstih veza s Tokyiom i promicanja regionalnog razvoja. Linija je dovršena i puštena u službu u studenom 1982. godine, a povezivala je Tokyo s Niigatom. Linija Joetsu predstavljala je veliki izazov jer je morala prolaziti kroz planine i tako prisiljavajući gotovo 40 % odvijanja prometa kroz tunele. Na otvorenim dionicama su bile potrebne posebne mjere kao što su kolosiječne prskalice s vrućom vodom, kako bi se nosili s velikim snijegom i niskim temperaturama. Prije naručivanja vlakova za Joetsu i Tohoku Shinkansen Japanske nacionalne željeznice su gajile nadu da će povećati ograničenje brzine na 260 km/h. U rujnu 1991., Shinkansenov vlak serije 400 postavio je japanski rekord brzine 345 km/h.

Tohoku Shinkansen je linija koja je otvorena iste godine kao i Joetsu Shinkansen. Povezivala je grad Omyu s gradom Niigata koji se nalazi na zapadnoj obali Japana. Putnici su morali presjedati na vlakove s uskim kolosijekom na liniji od Uena do Tokya. Radovi na posljednjih 3,6 km od središta Uena do Tokija započeli su 1981., a dovršeni 1985. godine. Cijena izgradnje je bila astronomski velika zbog izgradnje tunela i vijadukta. Projekt izgradnje je zaustavljen 1983. godine. Prvi vlak koji je vozio na liniji je bio vlak serije 200, a poslije njega vlakovi serije 400, E1 i E4.

Zbog nerješivih problema i velikih financijskih gubitaka Japanske nacionalne željeznice su se raspale 1987. godine. Raspadom je došlo do privatizacije. U početku je sedam japanskih željezničkih tvrtki ostalo u državnom vlasništvu, ali postojala je jasna namjera da se privatiziraju tri tvrtke koje djeluju na Honshu: JR East, JR Central i JR West.

Yamagata Mini Shinkansen je linija koja povezuje Fukushima i Shinjo, a izgrađena je u dva dijela. Prvi dio linije je otvoren u srpnju 1992. godine i povezivao je Fukushima s Yamagatom. Linija je izgrađena pretvaranjem 88 km postojeće linije uskog kolosijeka u standardni kolosijek i tako je bila omogućena vožnja Shinkansen vlakova. JR East je odlučio izgraditi 'mini Shinkansen' odnosno flotu od 12 vlakova umanjenih dimenzija. Mini Shinkansen su predstavljali vlakovi serije 400 koji su imali ista svojstva kao serija 200, a jedina razlika je bila ta što je serija 400 bila umanjenih dimenzija. Prvu testnu vožnju vlak je imao u studenom 1990. godine, a vlak je kasnije dostigao rekordnu brzinu od 345 km/h. Drugi dio linije otvoren je u prosincu 1999. godine te je povezivao Yamagatu s gradom Shinjo.

Akita Mini Shinkansen je bio drugi otvoreni 'mini Shinkansen'. Planovi su najavljeni 1992. godine, a plan je bio pretvoriti 127 km postojeće linije u novu. Linija je otvorena u ožujku 1997. godine. Linijom je prometovao vlak serije E3 koji je razvijao brzinu od 275 km/h.

Hokoriku Shinkansen je linija koja je otvorena po dionicama. Prvi dio linije od Takasakija do Nagana otvoren je u listopadu 1997., a drugi dio u ožujku 2015. godine koji povezuje Nagano s gradom Kanzawa. Liniju je opsluživala flota od 17 vlakova serije E2 i E7.

Kyushu Shinkansen linija koja prometuje na otoku Kyushu također nije izgrađena od jednom već u dvije faze. Prva faza od 128 km je izgrađena u ožujku 2004. godine i povezivala je Yatshushiro i Kagoshimu. Linijom je prometovao vlak serije 800, a linija je bila izolirana od ostatka Shinkansen mreže. Drugi dio linije od Hakate do Yatshushira je otvoren u ožujku 2011. godine.



Hokaido Shinkansen je linija otvorena u novijoj povijesti odnosno u ožujku 2016. godine. Izgradnja prvog dijela linije dopuštena je 2005. godine. Povezuje grad Aomori s gradom Hakodate. Gradovi su povezani tunelom koji je bio izgrađen 1998. godine te se tunel morao renovirati zbog širine kolosijeka [3].

## **4. Infrastrukturne značajke mreže brzih željeznica u Japanu**

### **4.1. Općenito o kolosijecima za velike brzine**

Pristupanjem izgradnji kolosijeka za promet velikih brzina, svaka željeznička uprava treba razvoj kolosijeka temeljiti na sljedećim zahtjevima:

- Projektirana brzina
- Duljina kolosijeka
- Osovinsko opterećenje
- Kolosijek za mješoviti promet ili samo za putnički promet

Ti zahtjevi imaju za rezultat oblikovanje trase u svrhu postignuća sigurnosti vožnje vozila. Stoga kolosijek za promet velikih brzina ovisi o pravilno odabranim i izvedenim elementima, kao što su:

- Veličina polumjera horizontalnih lukova
- Oblik i duljina prijelaznih lukova
- Oblik prijelaznih rampi
- Veličina vertikalnih polumjera

Osnovni problem pri trasiranju kolosijeka za promet velikim brzinama je položaj trase. Europsko iskustvo ukazuje na preporučljivu gradnju u posebnim koridorima, a posebno u gusto naseljenim područjima gdje trasu kolosijeka treba voditi u blizini postojećih autocesta kako bi se smanjio utjecaj na prirodu. Trasiranjem prometnica u posebnom koridoru smanjuje se zauzeće prostora, broj poprečnih konstrukcijskih građevina, utjecaj buke na okolinu.

Postoje dva osnovna načina vođenja trase kolosijeka:

- Vođenje trase kolosijeka uz maksimalno praćenje konfiguracije terena (uporaba maksimalnih dopuštenih uzdužnih nagiba 35‰ ili 40‰)
- Vođenje trase kolosijeka s malim uzdužnim nagibima (korištenje velikih pružnih građevina).

Trasiranje željezničkog kolosijeka određuje se u skladu s parametrima za projektiranje željezničkog kolosijeka velikih brzina utvrđenih na temelju europskih normi. Minimalni

polumjer lukova utvrđuje se temeljem dopuštenih vrijednosti neponištenog bočnog ubrzanja i u pravilu je karakterističan za svaku zemlju posebno, a za Japan on iznosi 0,50m/s<sup>2</sup>. Minimalni polumjeri lukova za Japan iznose 4000 metara za brzine od 260 km/h [5].

## **4.2. Kolosijeci za velike brzine s kolosiječnim zastorom**

Gornji ustroj kolosijeka za velike brzine s kolosiječnim zastorom ima sve elemente klasičnog kolosijeka:

- Tračnice tipa 60 E1 zavarene u dugi trak
- Prednapete betonske pragove duljine 2,60 m i razmaka 50 cm
- Elastični kolosiječni pričvrсни pribor
- Kolosiječni zastor od tučenca debljine 30 cm ispod praga
- Zaštitni sloj ravnika
- Sloj za zaštitu od smrzavanja.

Iako kolosijek za velike brzine sa zastorom od tučenca ima sve elemente klasičnog kolosijeka, ponašanje toga kolosijeka pod prometom vlakova velikih brzina nije jednako pri prometu klasičnih vlakova manjih brzina.

Praćenjem ponašanja kolosijeka uočavaju se nejednake pojave slijeganja, pogreške u položaju kolosijeka, oštećenja zastora od tučenca. To se posebno primjećuje na mjestima pogreške na tračnicama, zavarenim i izolacijskim spojevima.

Takvo ponašanje kolosijeka pripisuje se visokofrekventnim vibracijama koje proizvodi promet velikih brzina. Kako bi se spriječila oštećenja kolosijeka, treba tražiti optimizaciju konstrukcije kolosijeka na kolosiječnom zastoru od tučenca sljedećim konstrukcijskim zahtjevima:

- Naprezanje u nožici tračnice  $\leq 60 \text{ N/mm}^2$
- Dopušteno utonuće tračnice od  $>1,2 \text{ mm}$
- Modul kolosiječnog zastora od tučenca  $\leq 0,1 \text{ N/mm}^2$ .

Tražena elastičnost može se postidi ugradnjom elastičnih elemenata ispod tračnice , praga ili kolosiječnog zastora od tučenca.

Prednosti kolosijeka sa kolosiječnim zastorom su:

- Brža gradnja kolosijeka
- Lakše postizanje potrebne geometrije kolosijeka
- Jednostavna obnova kolosijeka [5].

#### **4.3. Kolosijeci za velike brzine bez kolosiječnog zastora**

Istraživanja koja su provedena šezdesetih godina prošlog stoljeća pokazala su da velike brzine zahtijevaju veliku točnost geometrije kolosijeka. Stoga se pristupilo istraživanjima kojima se kolosiječni zastor od tučenca zamjenjuje materijalima poput betona ili asfalta.

Kako na klasičnom kolosijeku s kolosiječnom rešetkom u podlozi od tučenca ne bi dolazilo do 'plivanja' kolosiječne rešetke, traženi su materijali na kojima bi se smanjila slijeganja i troškovi održavanja. Uporabljani su betonski i asfaltni nosivi slojevi koji pri regularnim uvjetima pokazuju samo neznatne plastične deformacije. Međutim, kako ti slojevi imaju veliku krutost, potrebni elasticitet ostvaruje se postavljanjem elastičnih elemenata ispod tračnice ili pragova.

Kolosijek na čvrstoj podlozi zahtijeva višeslojnu gradnju nosivog sustava kako bi se izbjegla naprezanja i jamčila dugoročna postojanost kolosijeka.

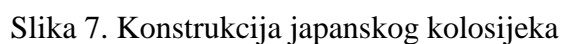
Da bi se osigurao dobar kolosijek za velike brzine potrebno je:

- Povećati debljinu sloja tučenca ispod praga (35 – 40 cm)
- Koristiti tračnice veće mase (60E1)
- Koristiti pragove veće mase i nosive površine
- Primijeniti što kvalitetnije elastične elemente pričvrsnog pribora
- Izvesti kvalitetne podloge ispod gornjeg ustroja pruge [5].

#### **4.4. Japanski kolosijek na čvrstoj podlozi**

Japanske nacionalne željeznice (JNR) započele su s proizvodnjom kolosijeka na čvrstoj podlozi prije trideset godina. Kolosijek na čvrstoj podlozi korišten je na linijama Shinkansen i uskim kolosijecima na preko 2 400 km uključujući tunele i mostove. Kolosijek je pružao izvrsne performanse u smislu održavanja kolosiječne geometrije i smanjenja troškova održavanja. Kriteriji za korištenje kolosijeka na čvrstoj podlozi od strane JNR-a su:

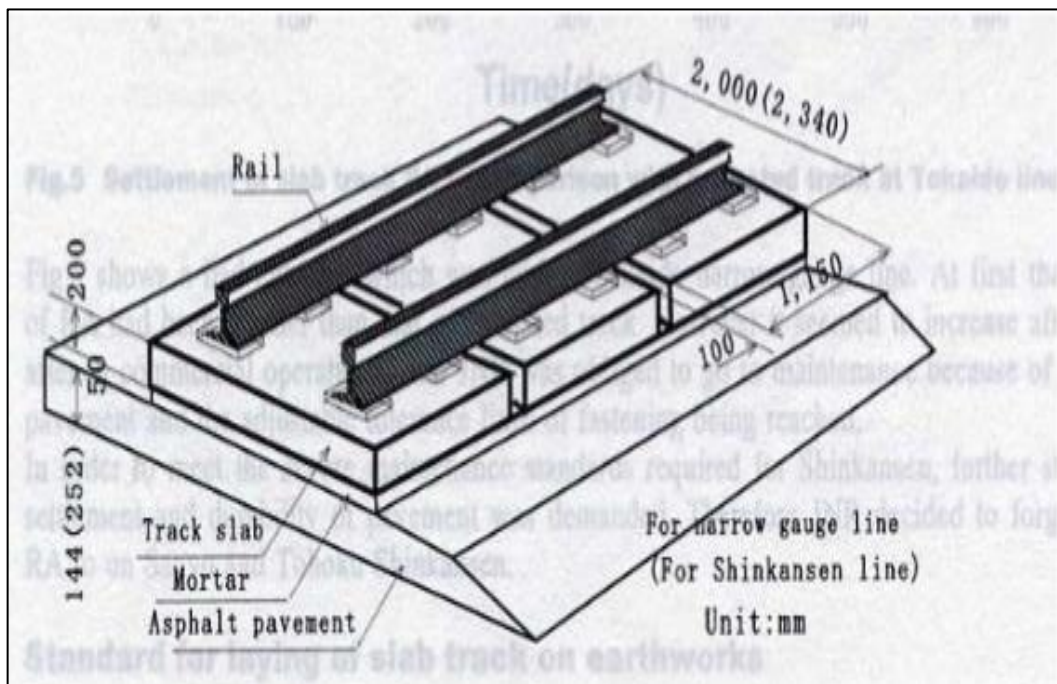
- Nakon eksperimentiranja, konstrukcija kolosijeka tipa A, odabrana je za rutinsku uporaba za tunele i vijadukte. Konstrukcije kolosijeka na čvrstoj podlozi za otvorene dionice i tunele prikazana je na Slici 7.



Kolosijek na čvrstoj podlozi se sastoji od predgotovljenih ploča duljine 5 m i cementno asfaltnog maltera koji se ubrizgava ispod i između ploče. Ploče su izgrađene od prenapregnutog betona. Ploča za Shinkansen je nominalno široka 2 340 mm, duga od 4 930 mm do 4 950 mm, a debljine od 160 do 200 mm. Jedan komad ploče s kolosijekom teži oko 5 t.

17

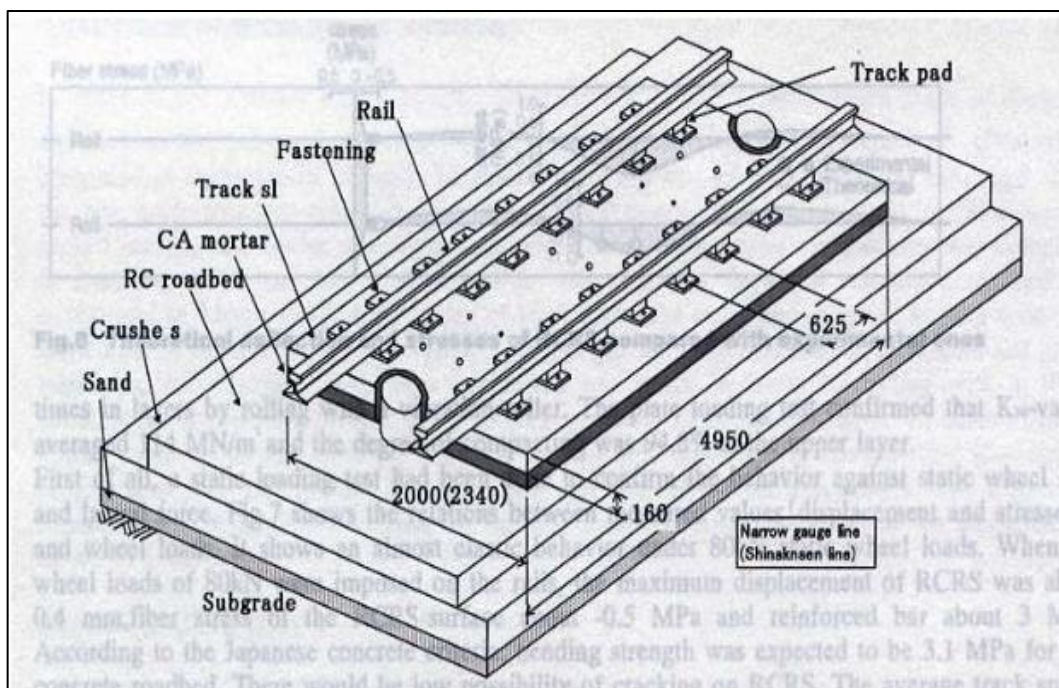
1970-ih. Međutim, nije bilo prevelike izgradnje kolosijeka ove vrste zbog zabrinutosti za velika naselja od utjecaja buke.



Slika 8. Tip RA

Izvor: [https://mafiadoc.com/concrete-slab-track-for-freight-and-high-speed-service-\\_59e98f7d1723dd804fff5147.html](https://mafiadoc.com/concrete-slab-track-for-freight-and-high-speed-service-_59e98f7d1723dd804fff5147.html)

Aktualna verzija kolosijeka na čvrstoj podlozi koja se primjenjuje, poznata pod imenom RCRS, prikazana je na Slici 9. Nad ovim sustavom provodila su se eksperimentalna ispitivanja i praćenja od ranih 1990-ih godina, a sustav se koristi na linijama Hokoriku Shinkansena. Utvrđeno je da je cijena RCRS-a veća za 18 % od cijene s kolosiječnim zastorom. Zbog niskog održavanja kolosijeka dodatni troškovi se nadoknade za oko 12 godina rada. Također je smanjen broj radne snage za održavanje kolosijeka za oko 30 % u odnosu na kolosijek sa zastorom. Japanske nacionalne željeznice istražuju i uvode inovacije za kolosijek na čvrstoj podlozi kako bi smanjili početne troškove izgradnje.



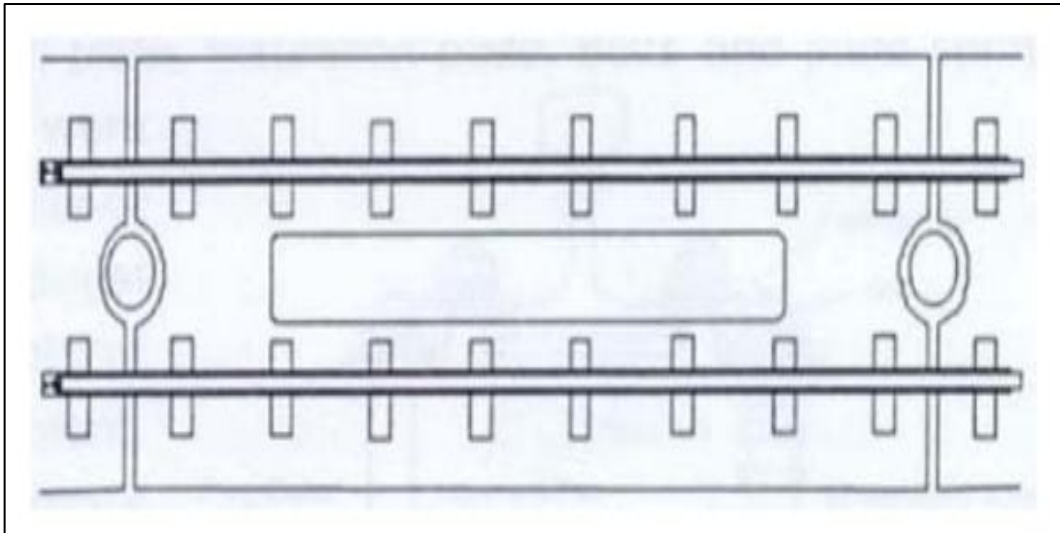
Slika 9. Tip RCRS

Izvor: [https://mafiadoc.com/concrete-slab-track-for-freight-and-high-speed-service-\\_59e98f7d1723dd804fff5147.html](https://mafiadoc.com/concrete-slab-track-for-freight-and-high-speed-service-_59e98f7d1723dd804fff5147.html)

Kolosijeci na čvrstoj podlozi prevoze 10 do 15 milijuna bruto tona godišnje (od 1990.). Iako je ukupna izvedba kolosijeka bila dobra ipak su zabilježeni neki problemi. To uključuje oštećenja CAM slojeva, pucanja ploče te savijanja u tunelima. Ukupno gledajući, na Shinkansen linijama je utvrđeno da je održavanje kolosijeka na čvrstoj podlozi puno jeftinije u odnosu na kolosijek s klasičnim zastorom i to u rasponu od 0,18 do 0,33 puta. Prosječni troškovi izgradnje kolosijeka na čvrstoj podlozi su 1,3 do 1,5 puta veći od izgradnje klasičnog kolosijeka sa zastorom. Za troškove izgradnje se očekuje povratak uloženoga za 8 do 12 godina, ovisno o tonaži koja će se prevoziti.

Novim unapređenjima na ploči (Slika 10.) došlo je do određenih promjena kao što su povećanje debljine montažne ploče (220 mm) i ostavljanje praznog prostora između tračnica dimenzija 2860 x 800 mm. Zbog navedenih noviteta pločama se može lakše rukovati te imaju učinkovitije djelovanje [6].





Slika 10. Najnoviji kolosijek na čvrstoj podlozi

Izvor: [https://mafiadoc.com/concrete-slab-track-for-freight-and-high-speed-service-\\_59e98f7d1723dd804fff5147.html](https://mafiadoc.com/concrete-slab-track-for-freight-and-high-speed-service-_59e98f7d1723dd804fff5147.html)

#### 4.5. Kolosiječni pričvrсни pribor

Početkom 1960-ih Japan je uveo francuske RN tipove pričvrsnog pribora. Kasnijim razvojem cjelokupne kolosiječne rešetke navedeni pričvrсни pribor nije u potpunosti zadovoljavao traženim zahtjevima velikih brzina te su uvedene nove i jedinstvene vrste pričvrsnog pribora (Pandrol). Kako su Japanske nacionalne željeznice fokusirane i na razvoj vlastite tehnologije, formirali su na temelju istraživanja svoju tehnologiju. Dolaskom kolosijeka na čvrstoj podlozi Japan je razvio pričvrсни pribor izravnog tipa.

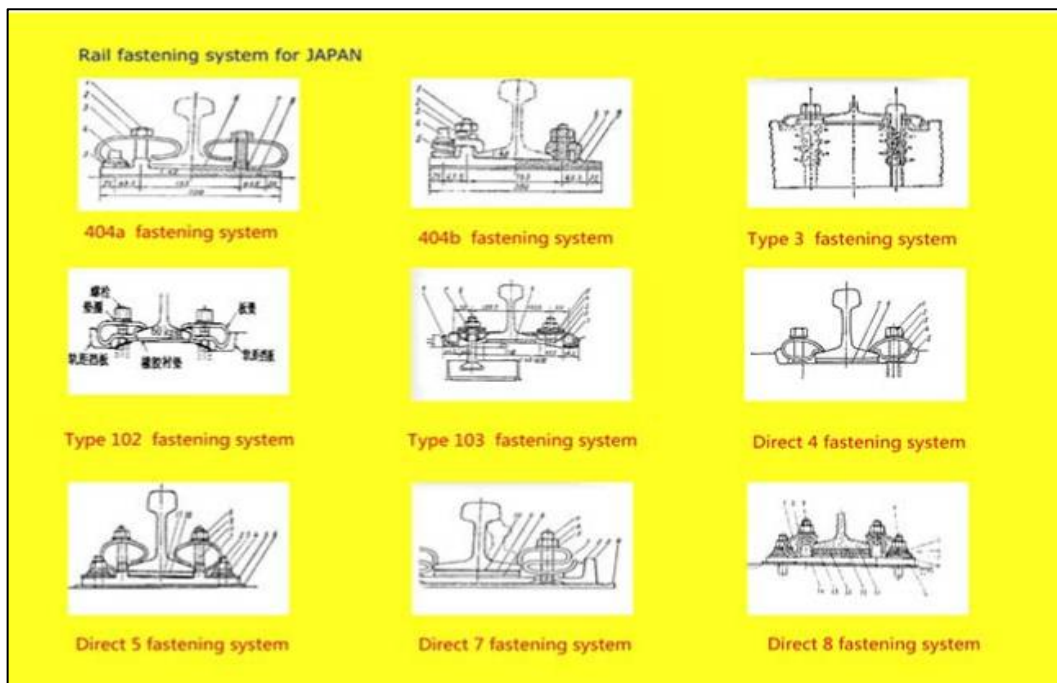
Od 1987. godine tvrtka Pandrol isporučuje svoje proizvode Japanskim nacionalnim željeznicama. Fokus tvrtke je uvijek na poboljšanju dizajna, sigurnosti i uvođenju nove tehnologije. Isto tako jedan od važnijih ciljeva tvrtke je smanjenje vibracija.

Glavni tipovi pričvrsnog pribora (Slika 11.) u Japanu su:

- sustav za pričvršćenje tračnica tipa 404 (a,b)
- sustav za pričvršćenje tračnica tipa 3
- sustav za pričvršćenje tračnica tipa 102
- sustav za pričvršćenje tračnica tipa 103
- sustav za pričvršćenje tračnica izravnog tipa 4
- sustav za pričvršćenje tračnica izravnog tipa 5



- sustav za pričvršćenje tračnica izravnog tipa 7
- sustav za pričvršćenje tračnica izravnog tipa 8



Slika 11. Glavni tipovi pričvrstnog pribora

Izvor: <http://www.rail-fastener.com/rail-fasteners-in-japan.html>

Sustav za pričvršćenje tračnica tipa 404 se dijeli na dvije vrste. Pričvrstni pribor tipa 404a se primjenjuje na drvenim pragovima, a 404b na drvenim pragovima na mostovima. Glavni dijelovi su: vijci, matice, opruge.

Sustav za pričvršćenje tračnica tipa 102 primjenjuje se na prednapregnutim betonskim pločama. Neki od glavnih dijelova su: vijci, matice, opruge, podloga za tračnice, plastične tiple. Elastičnost opruga nije razdvojena. Pogodan za čelične tračnice od 60 kg i najraniju brzu željeznicu u Japanu.

Sustav za pričvršćenje tračnica tipa 103 se primjenjuje na uobičajenim betonskim pragovima.

Sustav za pričvršćenje tračnica izravnog tipa 4 se primjenjuje na prednapregnutim betonskim pragovima, odnosno betonskim pločama. Glavni dijelovi su: vijci, matice, opruge, čelične ploče, podloge za tračnice, plastične tiple, podesiva podloga. Donji dio opruge učvršćuje, a gornji dodiruje tračnicu. Nakon čvrstog stezanja vijka i matice opruga je elastična. Sila stezanja opruge je 3 kN, a elastičnost nije razdvojena. Ovaj sustav je pogodan za kolosijek velikih brzina. Ostali sustavi pričvršćenja izravnog tipa su u velikoj mjeri slični tipu 4 [7].

#### 4.6. Tunel Seikan

Tunel Seikan (Slika 12.) kao najduži podvodni tunel, 140 m ispod mora, dug je 53,85 km, od čega 23,3 km prolazi pod vodom. Izgradnja tunela započeta je 1971. i dovršena je 1988. godine, a na izgradnji je sudjelovalo oko 14 milijuna radnika. Tunel povezuje otok Honshu sa otokom Hokkaido. Svakodnevno kroz tunel prolazi oko 50 teretnih vlakova i 30 Shinkansen vlakova. Vlakovi koji voze na Shinkansen linijama kroz tunel moraju znatno smanjiti brzinu.



Slika 12. Tunel Seikan

Izvor: <https://www.nisekocentral.com/blog/first-bullet-train-crosses-seikan-tunnel-tokyo-kutchan-route-in-sight>

Tunel se sastoji od dvije željezničke stanice: Tappi Kaitei na otoku Honshu i Yoshioka Kaitei na otoku Hokkaido, koje su prve željezničke stanice izgrađene pod morem i također djeluju kao hitne točke za bijeg u slučaju katastrofe. Postaje su opremljene ispušnim ventilatorima za iscrpljivanje dima, infracrvenim vatrodojavnim sustavima i mlaznicama za raspršivanje vode kako bi se povećala sigurnost putnika.

U početku se tunel sastojao od jednog kolosijeka, ali je kasnije pretvoren u dvokolosiječnu prugu (Slika 13.) i priključen na mrežu Shinkansen, kao dio projekta Hokkaido Shinkansen 2005. godine [8].



Slika 13. Unutrašnjost tunela Seikan

Izvor: <http://www.unmissablejapan.com/underground/seikan-tunnel>

#### **4.7. Kolodvor Tokio**

U glavnom gradu Japana, Tokiju, nalazi se najveći željeznički kolodvor u Japanu (Slika 14). Kolodvor se nalazi u poslovnoj četvrti Marunouchi te je simbol grada. Tijekom jednog dana kroz kolodvor prolazi više od 4 000 vlakova. Zgrada kolodvora se proteže 335 metara od sjevera prema jugu i jedna je od najvećih na svijetu. Izgradnja je trajala šest i pol godina, a sama zgrada je dovršena 1914. godine. Veći dio zgrade sastoji se od ureda za željezničke operacije, a oko polovice zauzima hotel Tokyo Station. U zgradi se također nalaze restorani i trgovine te je zgrada popularno turističko mjesto.



Slika 14. Kolodvor Tokio

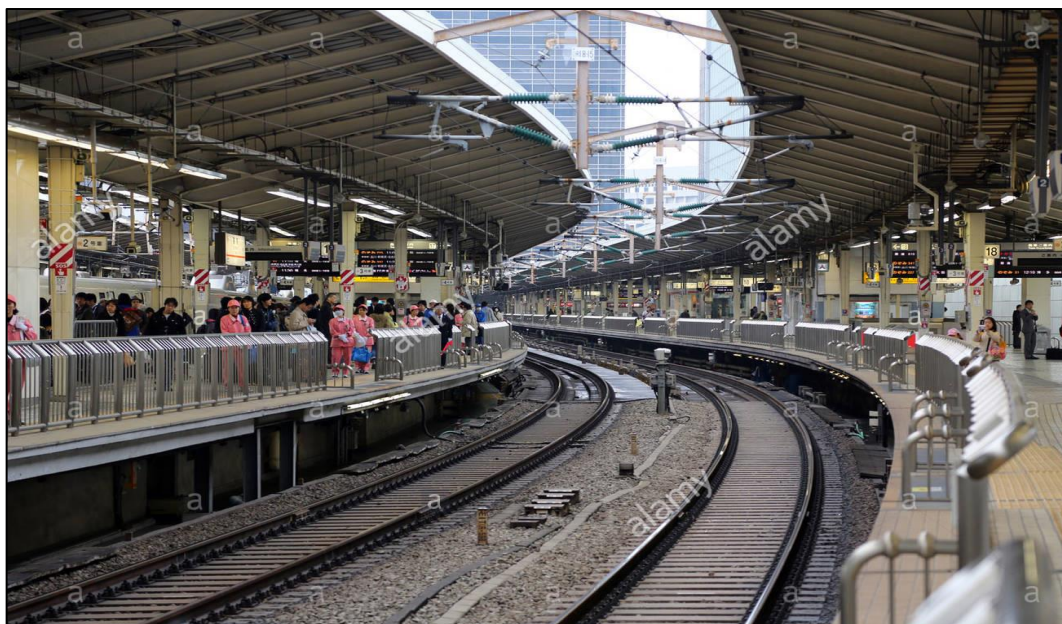
Izvor: <https://www.japantimes.co.jp/news/2014/11/02/national/tokyo-stations-iconic-brick-building-witness-war-stands-test-time/#.XTBql-gzbIU>

Struktura kolodvora u Tokiju podijeljena je na tri dijela, prizemlje, podzemlje (Sobu linija/Rapid, Narita Express) i drugo podzemlje (Keiyo linija/lokalni vlak za Maihama, TDL). U prizemlju se nalazi dvadeset kolosijeka te još po četiri u svakom podzemlju. Sveukupno sljedeći vlakovi prolaze stanicom Tokio:

- Shinkansen vlakovi
- Vlakovi Limited Expressa
- Brzi prigradski vlakovi
- Željeznički gradski prijevoz

Shinkansen vlakovi polaze i zaustavljaju se na posebno namijenjenom kolosijeku. Kao što je poseban kolosijek, isto tako je poseban peron. Vlakovi se zaustavljaju na točno određenom mjestu jer je peron zaštićen ogradama te je izlazak i ulazak putnika moguće obaviti samo kad je vlak zaustavljen na točno propisanom mjestu (Slika 15.) [9].





Slika 15. Unutrašnjost kolodvora Tokio

Izvor: <https://www.alamy.com/stock-photo-train-tracks-in-tokyo-railway-station-tokyo-japan-55630864.html>

## 5. Vozni park brzih željeznica u Japanu

Vozni park u Japanu mijenjao je se s razvitkom nacionalne mreže. Različite vrste i serije vlakova prometovale su mrežom od samih početaka brze željeznice, a danas su najzastupljeniji vlakovi serije N700, N700S, E6, E7, serije 800, H5 i W7.

Vlak serije N700 (Slika 16.) standardni je Shinkansen vlak kojeg su usvojili JR Tokai, West i Kyushu. Zamijenio je prethodne vlakove serije 300 i 500. Serija N700, kao što ime sugerira, nastala je na temelju serije 700. Jedna od najvažnijih značajki je činjenica da je maksimalna brzina povećana sa 285 km/h na 300 km/h. Serija N700 usvojila je visokotehnološki sustav aktivnog ovjesa koji omogućava trupu vlaka u zavoju da se naginje prema unutarnjoj strani. To je omogućilo vlaku da kroz zavoj prolazi većom brzinom nego prethodni Shinkansen vlakovi. Cijeli vlak je osmišljen s obzirom na aerodinamiku i zbog toga ima vrlo kompliciran nos koji smanjuje buku prilikom ulaska i izlaska iz tunela.

Upravljačnice su dugačke 27 350 mm, dok su srednji dijelovi 25 000 mm, a širina iznosi 3 360mm. Električni sustav vlaka je 25 kV, 60 Hz izmjenične struje [10].



Slika 16. Serija N700

Izvor: <http://www.allaboutjapantrains.com/n700-series.html>

Shinkansen vlak serije H5 (Slika 17.) razvijen je i proizveden za JR Hokaido. Vlak je istog dizajna kao i serija E5, a može se razlikovati po boji trake koja se nalazi na cijeloj dužini vlaka. Naime, vlak serije H5 ima ljubičastu, a vlak serije E5 ima rozu traku. Upravljačnice su dugačke

26 500 mm, široke 3 350 mm i visoke 3 650 mm. Vlak koristi Hitachi IGBT frekvencijske pretvarače s promjenjivom frekvencijom i izlaznom snagom od 300 kW po motoru i postiže maksimalnu brzinu od 320 km/h [11].



Slika 17. Serija H5

Izvor: <http://sekaichitravel.blogspot.com/2017/03/know-your-trains-hokkaido-shinkansen.html>

Shinkansen vlak serije 800 (Slika 18.) vozi na liniji Kyushu Shinkansen. Srednji dijelovi vozila su dugački 25 000 mm, a upravljačnice 27 350 mm, dok su široki 3 380 mm i visoki 3 650 mm. Električni sustav vlaka je također izmjenični 25 kV, 60 Hz. Maksimalna brzina je 260 km/h te ubrzava akceleracijom od 2,5 km/h po sekundi [12].





Slika 18. Serija 800

Izvor: <https://tokyorailwaylabyrinth.blogspot.com/2015/05/winsome-swallow-on-kyushu-shinkansen.html>

Shinkansen vlak serije W7 (Slika 19.) prometuje na liniji Hokuriku Shinkansen. Vlak je testiran od strane JR West godinu dana prije puštanja u promet kako bi se vidjelo može li se vlak nositi sa snježnim uvjetima. Serija W7 u velikoj je mjeri slična seriji E7, a razlikuju se po tome što serija W7 prometuje na JR West, a serija E7 na JR East. Upravljačnice su dugačke 26 000 mm, dok su srednji dijelovi 25 000 mm, a širina iznosi 3 380 mm. Ubrzanje vlaka iznosi 1,6 km/h po sekundi. Električni sustav je izmjenični 25 kV, 50/60 Hz. Najveća brzina vlaka je 260 km/h, ali je vlak dizajniran za maksimalnu brzinu od 275 km/h [13].





Slika 19. Serija W7

Izvor: [https://www.123rf.com/photo\\_54988401\\_series-e7-hokuriku-line-shinkansen-bullet-train.html](https://www.123rf.com/photo_54988401_series-e7-hokuriku-line-shinkansen-bullet-train.html)

Shinkansen vlak serije E6 (Slika 20.) je izgrađen 2010. godine za JR East. Serija E6 je dizajnirana kako bi zamijenila seriju E3. Vlak prometuje na liniji Akita Shinkansen gdje se koristi uži kolosijek što je se odrazilo i na širinu samog vozila koja je morala biti uža od uobičajene. Upravljačnice su dugačke 23 075 mm, a središnji dijelovi vlaka 20 500 mm, dok širina iznosi 2 945 mm, a visina 3 650 mm. Najveća brzina iznosi 320 km/h, a vlak koristi izmjenični električni sustav 20 ili 25 kV, 60 Hz [14].



Slika 20. Serija E7

Izvor: <https://www.istockphoto.com/sg/photo/the-e6-series-shinkansen-bullet-train-gm885187036-245987235>

Na Shinkansen linijama prometuje i vlak koji ne prevozi putnike, a poznat je pod nadimkom 'dr. Yellow' (Slika 21). To je Shinkansenov električni inspekcijski vlak koji vozi jednom svakih deset dana, provjeravajući stanje nadzemnih vodova i kolosijeka. Senzori u vozilu dijagnosticiraju stanje opreme, a sve nepravilnosti se rješavaju odmah [15].

Vlak je u funkciji od kad je izgrađena prva Shinkansen linija, ali kako je se razvijala tehnologija tako je se i vlak morao nadograditi 1974. i 2001. godine. Unutrašnjost vlaka sastoji se od specijalizirane opreme za praćenje stanja opreme. U vlaku se za vrijeme vožnje nalazi devet članova posade, od kojih su dva vozača, tri tehničara odgovorna za tračnice i četiri tehničara odgovorna za napajanje [16].



Slika 21 Inspekcijski vlak

Izvor: <https://www.nippon.com/en/nipponblog/m00107/doctor-yellow-keeps-the-shinkansen-network-healthy.html>

## **6. Zaključak**

Pojavom željeznica velikih brzina, države su dobile niz prednosti. Olakšana je mobilnost ljudi koji žive u udaljenim mjestima od posla, rasterećeni su gradovi koji imaju nekoliko milijuna stanovnika, poboljšana je međugradska povezanost, smanjen je broj automobila u gradovima, a jedna od najvažnijih prednosti je ekološki prihvatljiv oblik prijevoza i ujedno brz i učinkovit.

Vrijeme je danas ključan faktor, a željeznice velikih brzina konstantno smanjuju vrijeme putovanja i tako u segmentu vremena pobjeđuju najvećeg konkurenta, odnosno zračni promet. Osim vremena putovanja, velika prednost u odnosu na zračni promet je niža cijena za uslugu.

Japan je izgradnjom mreže brzih pruga ojačao gospodarstvo i posto jedna od najjačih država u svijetu što se tiče željeznica velikih brzina. Stalnim istraživanjem i uvođenjem novih tehnologija Japan želi dodatno poboljšati uslugu. Japan je u mnogim državama uveo svoje tehnologije, a neke države će tek uvesti.

Japanske nacionalne željeznice mogu biti primjer za sve ostale nacionalne željeznice koje još nisu uvele željeznice velikih brzina.

## 7. Popis literature

- [1] URL: [https://uic.org/IMG/pdf/high\\_speed\\_brochure.pdf](https://uic.org/IMG/pdf/high_speed_brochure.pdf)
- [2] URL: <https://www.railway-technology.com/projects/frenchtgv/>
- [3] Hughes, M., The second age of rail, A history of high-speed trains, 2015.
- [4] URL: <https://www.railway-technology.com/projects/taiwan/>
- [5] Stipetić, A., Gornji ustroj željezničkog kolosijeka, Zagreb, 2008.
- [6] URL: [https://mafiadoc.com/concrete-slab-track-for-freight-and-high-speed-service-\\_59e98f7d1723dd804fff5147.html](https://mafiadoc.com/concrete-slab-track-for-freight-and-high-speed-service-_59e98f7d1723dd804fff5147.html)
- [7] URL: <http://www.rail-fastener.com/rail-fasteners-in-japan.html>
- [8] URL: <https://www.japantimes.co.jp/news/2012/10/23/reference/tokyo-stations-marunouchi-side-restored-to-1914-glory/#.XQ6KKegzbIV>
- [9] URL: <https://jprail.com/travel-informations/basic-informations/station-information/tokyo-station-guide-how-to-change-the-trains-shinkansen-narita-express-and-other-local-trains.html>
- [10] URL: <http://www.allaboutjapantrains.com/n700-series.html>
- [11 ] URL: [https://locomotive.fandom.com/wiki/H5\\_Series\\_Shinkansen](https://locomotive.fandom.com/wiki/H5_Series_Shinkansen)
- [12] URL: <https://www.revolvy.com/page/800-Series-Shinkansen>
- [13] URL: [https://locomotive.fandom.com/wiki/W7\\_Series\\_Shinkansen](https://locomotive.fandom.com/wiki/W7_Series_Shinkansen)
- [14] URL: [https://locomotive.fandom.com/wiki/E6\\_Series\\_Shinkansen](https://locomotive.fandom.com/wiki/E6_Series_Shinkansen)
- [15] URL: <https://web-japan.org/niponica/niponica10/en/feature/feature03.html>
- [16] URL: <https://www.nippon.com/en/nipponblog/m00107/doctor-yellow-keeps-the-shinkansen-network-healthy.html>



## Popis slika

Slika 1 Povijesni razvoj željeznica.....	6
Slika 2 Mreža pruga velikih brzina u Francuskoj .....	8
Slika 3 Mreža pruga velikih brzina u Njemačkoj.....	9
Slika 4 Mreža pruga velikih brzina u Kini .....	11
Slika 5 Razvoj brzih željeznica u Tajvanu .....	12
Slika 6 Mreža pruga velikih brzina u Japanu .....	14
Slika 7 Konstrukcija japanskog kolosijeka .....	21
Slika 8 Tip RA.....	22
Slika 9 Tip RCRS.....	23
Slika 10 Najnoviji kolosijek na čvrstoj podlozi .....	24
Slika 11 Glavni tipovi pričvrsnog pribora.....	25
Slika 12 Tunel Seikan .....	26
Slika 13 Unutrašnjost tunela Seikan.....	27
Slika 14 Kolodvor Tokio.....	28
Slika 15 Unutrašnjost kolodvora Tokio .....	29
Slika 16 Serija N700 .....	30
Slika 17 Serija H5 .....	31
Slika 18 Serija 800 .....	32
Slika 19 Serija W7.....	33
Slika 20 Serija E7.....	34
Slika 21 Inspekcijski vlak .....	35